

QUANTUM WELL LASER

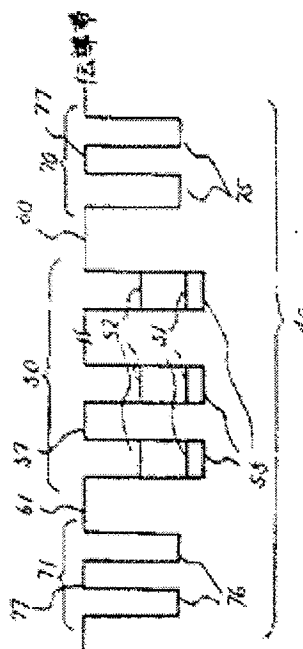
Publication number: JP3073586
Publication date: 1991-03-28
Inventor: TAKANO SHINJI
Applicant: NIPPON ELECTRIC CO
Classification:
- international: **H01S5/00; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18**
- European:
Application number: JP19890210317 19890814
Priority number(s): JP19890210317 19890814

Report a data error here

Abstract of JP3073586

PURPOSE: To shorten carrier life without loss of characteristics of a quantum well laser and to perform an extremely abrupt optical pulse response even at the time of high speed pulse modulation by using a first quantum well structure as an active layer and a second quantum well structure having larger bottom state energy of the first structure and an impurity added to a well layer.

CONSTITUTION: A quantum well active layer 40 is formed of a first quantum well structure 50, second quantum well structures 70, 71 at both sides, and barrier layers 60, 6 for isolating the first and second structures. The structure 50 is formed of an InGaAsP barrier 57, 6 layers of InGaAs well 55, and energy gap has quantum levels 51, 52. The structure 70 has barrier 77 of the same composition as that of the structure 50 and InGaAsP wells 75, 76, zinc is doped as an impurity in the wells 75, 76, and the well 76 is doped with silicon. Thus, an impurity can be added to a semiconductor layer having a small diffusion speed without diffusion of the impurity into the first quantum well structure.



⑫ 公開特許公報(A)

平3-73586

⑤ Int. Cl.⁵

H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

6940-5F

⑬ 公開 平成3年(1991)3月28日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 量子井戸レーザ

⑮ 特 願 平1-210317

⑯ 出 願 平1(1989)8月14日

⑰ 発 明 者 高 野 信 司 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑱ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

⑲ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

1. 発明の名称

量子井戸レーザ

2. 特許請求の範囲

半導体基板上に、量子井戸構造から成る活性層を有する半導体層を積層した量子井戸レーザにおいて、前記活性層が第1の量子井戸構造と、基底状態エネルギーが前記第1の量子井戸構造の基底状態エネルギーよりも大きく、且つウェルに不純物を添加した第2の量子井戸構造とから成ることを特徴とする量子井戸レーザ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は光通信、光演算あるいは光計測装置等の光源として用いられる量子井戸レーザに関する。

〔従来の技術〕

半導体レーザは印加した電流を変える、いわゆ

る直接変調により数GHzにまでわたる高速変調のできる特徴を有し、高速および長距離の光通信用の光源として開発が進められている。特に近年、単一軸モードで動作する分布帰還形半導体レーザ(Distributed Feedback Laser Diode; 以下DFB-LDと略す。)、あるいは分布ブラッグ反射形半導体レーザ(Distributed Bragg Reflector Laser Diode; 以下DBR-LDと略す。)は、発振波長の単色性に極めて優れていることから超高速・長距離の光ファイバー通信用の光源として、またコヒーレントな光学系を組んだ光計測器の光源として期待され、研究開発が急ピッチで進められている。InGaAsP/InP系材料を用いたDFB-LDでは10Gb/sという超高速で80kmを越える伝送距離の光ファイバー通信システム実験の光源として用いられ良好な結果が得られている。

半導体レーザの周波数応答特性は素子自体の容量のほか、活性層における光子とキャリアとの相互作用に起因する緩和振動(特定の変調周波数

で共振を起こし、変調感度が著しく増加する共振状態現象)、およびキャリア寿命によって決定される。特に近年、量子井戸層を活性層とする量子井戸構造半導体レーザが開発され、従来のダブルヘテロ接合(バルク構造)半導体レーザに比べ緩和振動周波数が増大することから、より高速の半導体レーザを実現できる可能性がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、素子容量が小さく緩和振動周波数の高い半導体レーザであっても、パルス変調時には、駆動電流パルスの立ち下がり時において光出力パルスにはキャリア寿命に依じた裾引きが生じる。上記の量子井戸構造半導体レーザにおいてもバルク構造半導体レーザと同様に、キャリア寿命は数 ns ($1 \text{ ns} = 1 \times 10^{-9}$ 秒) 程度であるから、パルス変調速度が数 Gb/s 以上では伝送特性の劣化を招く問題があった。

従来のバルク構造半導体レーザでは、活性層に不純物を添加しキャリア寿命を短くすることが出来るが、量子井戸構造半導体レーザでは量子井戸

構造に直接不純物を添加すると、ヘテロ接合界面のだれや量子単位のプロードニングを生じるため量子効果が失われてしまうという欠点があった。

〔課題を解決するための手段〕

前述の課題を解決するために本発明が提供する手段は、半導体基板上に量子井戸構造から成る活性層を有する半導体層を積層した量子井戸レーザにおいて、前記活性層が第1の量子井戸構造と、基底状態エネルギーが前記第1の量子井戸構造の基底状態エネルギーよりも大きく、且つウェル層に不純物を添加した第2の量子井戸構造を用いる。

〔作用〕

本発明の作用を以下に説明する。一般に長波長組成の半導体の方が不純物の拡散速度が小さく、また量子井戸構造とした場合では光学遷移エネルギーは同一組成のバルクに比べて大きい。従って、上述したように第2の量子井戸構造のウェルに不純物を添加する方法を用いれば、第1の量子井戸構造への不純物拡散を招くことなく拡散速度の小さい半導体層に不純物を添加できる。また、第1

の量子井戸構造のウェル層の間、あるいは極く近傍に不純物を添加した第2の量子井戸構造を配置できるので得られる効果も大きい。

〔実施例1〕

本発明による量子井戸レーザの第1の実施例を第1図を参照して詳細に説明する。量子井戸構造の成長法としては有機金属気相成長(MOCVD)法を用いた。

第1図(a)に伝導帯のエネルギーバンド図を示すように量子井戸活性層40は第1の量子井戸構造50と、この両側に第2の量子井戸構造70, 71およびこれら第1, 第2の量子井戸構造を分離するバリア層60, 61とから構成されている。第1の量子井戸構造50は $1.1 \mu\text{m}$ 組成InGaAsPバリア57(厚さ 100 \AA)、6層のInGaAsウェル55(厚さ 80 \AA)から成りエネルギーギャップがそれぞれ 0.8 eV ($\lambda = 1.55 \mu\text{m}$)、 0.92 eV ($\lambda = 1.35 \mu\text{m}$)の量子単位51, 52を有する。第2の量子井戸構造70は第1の量子井戸構造50と同一組成のバリア77

(厚さ 70 \AA)、および $1.4 \mu\text{m}$ 組成InGaAsPウェル75, 76(各層の厚さ 60 \AA)から成り、ウェル75, 76には不純物として亜鉛(Zn)を $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、またウェル76には珪素(Si)を $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ドープしている。第1および第2の量子井戸構造を分離するバリア層60, 61の厚さはそれぞれ 300 \AA , 200 \AA である。

上記に述べた量子井戸活性層を用いて、第1図(b)の斜視図に示すように、周期的凹凸から成る回折格子15を表面に形成したInP基板10上に、InGaAsPガイド層20と量子井戸活性層40とを含む多層構造を備えた二重チャネル形埋め込み構造(DC-PBH)分布帰還形(DFB)半導体レーザを形成する。共振器長を $300 \mu\text{m}$ としてへき開した素子の特性として、発振しきい値は 15 mA 程度、外部微分量子効率で 0.18 W/A/facet 程度、キャリア寿命は $0.3 \text{ ns} \sim 0.6 \text{ ns}$ ($\text{ns} = 1 \times 10^{-9}$ 秒)が期待され、 10 Gb/s のパルス変調時においても伝送特性の劣化を招かない程度の十分急峻な光パルスの立ち下がり期

待される。さらにドーブ量、ドーバントの最適化、またバリア層厚やウェル数の最適化により一層の Puls 応答特性の向上が望める。

以上の実施例は二重チャネル形埋め込み(DC-PBH)構造の半導体レーザを例に説明したが、他の埋め込み構造やリッジウェーブガイド構造などにも当然有効である。

〔実施例2〕

本発明による量子井戸レーザの第2の実施例を第2図を参照して説明する。

第1の量子井戸構造150は1.3 μ m組成InGaAsPバリア157(厚さ100Å)、10層のInGaAsウェル155(厚さ65Å)から成る。第2の量子井戸構造170は1.3 μ m組成InGaAsPバリア177(厚さ60Å)、および1.4 μ m組成InGaAsPウェル175(厚さ50Å、6層)から成り、ウェル175には不純物として亜鉛(Zn)を6 $\times 10^{18}$ cm⁻³ドーピングしている。第1、および第2の量子井戸構造を分離するバリア層160、161の厚さはそ

れぞれ400Å、100Åである。

このような量子井戸レーザにおいても第1の実施例と同様の優れた特性が得られることが期待される。

また以上の二つの実施例はInP系の量子井戸構造を例に説明したが、GaAs系など一般の半導体量子井戸構造においても有効である。

〔発明の効果〕

以上述べてきたように、本発明によれば量子井戸レーザの特性を損なわずにキャリア寿命を短くでき、高速パルス変調時においても極めて急峻な光パルス応答の得られる量子井戸レーザを実現することができる。

4. 図面の簡単な説明

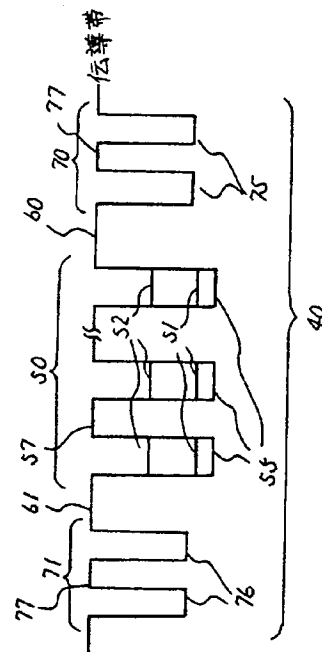
第1図は本発明の第1の実施例の説明図であり、第2図は本発明の第2の実施例の説明図である。

図中、10はn-InP基板、15は回折格子、20はn-InGaAsPガイド層、40は量子井戸活性層、50、150は第1の量子井戸構

造、51、52は伝導帯の量子準位、55、155はInGaAsウェル、57、157はInGaAsPバリア層、60、61、160、161は第1、第2の量子井戸構造を分離するバリア層、70、71、170は第2の量子井戸構造、75、77、175、177はそれぞれ第2の量子井戸構造のウェルおよびバリア層である。

代理人 弁理士 内 原 晋

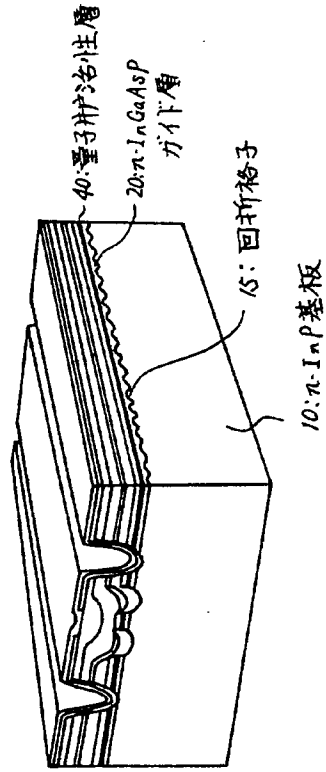
第1図(a)



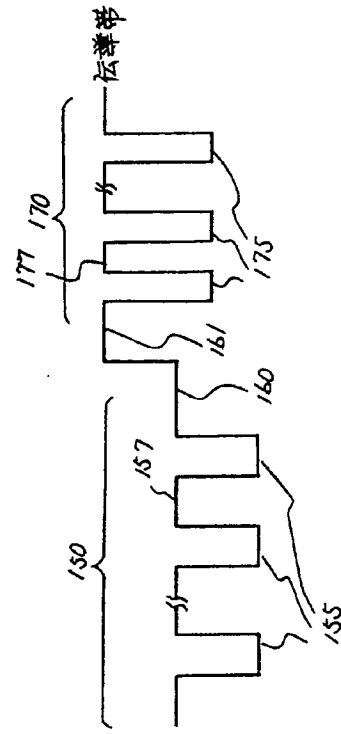
70, 71: 第2の量子井戸構造
75, 76: 1.4 μ m組成InGaAsPウェル
77: 1.3 μ m組成InGaAsPバリア

50: 第1の量子井戸構造
51, 52: 量子準位
55: InGaAsウェル(6層)
57: 1.3 μ m組成InGaAsPバリア
60, 61: 第1, 第2の量子井戸構造を分離するバリア

第1図(b)



第2図



150: 第1の量子阱構造
 155: InGaAs ウェル (10層)
 157: InGaAs Pバリア
 160, 161: 第2の量子阱構造と分離するバリア層
 170: 第2の量子阱構造
 175: ウェル
 177: バリア
 伝導帯